Bijdragen tot de Dierkunde, 51(2): 250-258 — 1981

LES MOLLUSQUES ET LA POLLUTION DES EAUX DOUCES: ÉBAUCHE D'UNE GAMME DE POLLUOSENSIBILITÉ DES ESPÈCES

par

J. MOUTHON

Laboratoire d'Hydroécologie du C.E.M.A.G.R.E.F., Place Leclerc, Besançon 25000, France

ABSTRACT

Relative abundance and richness in molluscan species have been studied along 91 stations in 9 different streams. The fact that a significative relationship exists between several abiotic parameters and the presence of certain molluscan species is demonstrated by a factor analysis (correspondence analysis). High values of oxydability (> 3 mg/l), ammonium ions (> 0.5 mg/l), nitrites (> 0.3 mg/l), phosphorus (> 0.5 mg/l) and low oxygen content of the water (⩽ 5 mg/l) exert an inhibitive effect on the species distribution (figs. 3-4).

Eighteen physical and chemical factors are classified according to the effect they exert on the general distribution of molluscs by their contribution to the F_1, F_2, and F_3 axes (table II).

The pattern of sensitiveness to pollution of molluscan species is correlated with a biotic index (fig. 5, table III).

RÉSUMÉ

L'analyse factorielle des correspondances a montré qu'il existe une corrélation étroite entre la richesse spécifique et l'abondance relative des espèces de Mollusques calculées pour les 91 stations étudiées et certains paramètres du milieu. En revanche, les fortes valeurs de l'oxydabilité (> 3 mg/l), des ions ammonium (> 0,5 mg/l), des nitrites (> 0,3 mg/l), des phosphates (> 0,5 mg/l) et les faibles concentrations en O_2 dissous (⩽ 5 mg/l) exercent une action inhibitrice sur la distribution des espèces (figs. 3-4).

La contribution aux axes F_1, F_2, F_3 des 18 paramètres étudiés permet de proposer, en fonction de leur importance sur la distribution générale des espèces, une hiérarchisation de ces facteurs (tableau II).

L'estimation de la qualité biologique des eaux fournies par l'«indice biotique» a permis l'ébauche d'une gamme de sensibilité à la pollution des espèces de Mollusques dulcicoles (fig. 5, tableau III).

1. INTRODUCTION

Depuis les premiers travaux concernant la répartition et l'écologie des Mollusques des eaux courantes (Mentzen, 1926; Germain, 1931; Shadin, 1931-1935; Boycott, 1936) il a été établi que la richesse spécifique et l'abondance de ces animaux sont maximales dans les systèmes lacustres et potamiques de faible altitude bien minéralisés et riches en hydrophytes.

L'influence, sur la distribution générale des Mollusques, de paramètres physico-chimiques tels que le pH, l'alcalinité, la dureté totale, a été étudiée par de nombreux auteurs: Alsterberg, 1930; Boycott, 1936; Hubendick, 1947, 1958; Macan, 1950; Meier-Brook, 1963; Aho, 1966; Ökland, 1969; Williams, 1970; Harman & Berg, 1971; Dussart, 1976; Ökland & Kuiper, 1980. D'une manière générale il est montré que les valeurs extrêmes de ces paramètres limitent fortement le développement des espèces pouvant même quelquefois devenir létales, ce qui est le cas pour les pH acides (Ökland, 1969; Ökland & Kuiper, 1980).

Green (1971), utilisant une méthode d'analyse statistique multivariée, a montré que parmi 9 paramètres de l'environnement, 4 d'entre eux: l'alcalinité, le calcium, la granulométrie des sédiments, leur teneur en matières organiques, expliquent l'essentielle (80% de la variance) de la distribution des Bivalves dans les milieux lacustres Canadiens. Plus récemment, Dussart (1979a, b) a recherché la signification de 16 paramètres sur la distribution en lac et à l'intérieur de systèmes canalisés de 4 espèces de Gastéropodes, de *Sphaerium corneum* (Linné, 1758) et d'espèces de Pisidies (*Pisidium* spp.).

Dans ce travail, nous avons tenté de préciser les relations existantes entre la distribution générale des Mollusques d'eau courante et 18 paramètres du milieu. Par ailleurs, la confrontation du nombre d'espèces recensées sur chaque station à l'estimation de la qualité biologique des eaux appréciée au moyen de l'«indice biotique» (Verneaux & Tuffery, 1967) permet de proposer l'ébauche d'une gamme de polluosensibilité des espèces de Mollusques dulcicoles.

2. TECHNIQUES ET MÉTHODES UTILISÉES

Pour réaliser cette étude, nous avons effectué l'inventaire malacologique de 91 stations jalonnant 9 cours d'eau français: il s'agit du Doubs, de six de ses affluents (Bief-Rouge, Drugeon, Dessoubre, Cusancin, Doulonnes, Clauge), de l'Ognon qui, arrosant la partie centrale et méridionale de la Franche-Comté, appartiennent au bassin rhodanien, et de l'Aube, affluent rive droite de la Seine. Ces rivières dont on trouvera une description plus détaillée dans les travaux de Verneaux (1973) et Mouthon (1979, 1980), constituent un réseau hydrographique de 1060 km et draînent un bassin versant total de 15.850 km^2.

Les repères morpho-dynamiques des stations, les caractéristiques physico-chimiques des eaux ont été appréciés au moyen de 18 paramètres et leurs mesures distribuées à l'intérieur de 5 classes dont les limites furent proposées par Nisbet & Verneaux (1970) puis adaptées aux cours d'eau Franc-Comtois (Verneaux, 1973).

Les techniques d'échantillonnages utilisées, décrites par ailleurs (Mouthon, 1979, 1980) ont permis la récolte de 30.775 individus comprenant 59 espèces ou formes (Pisidies). Les valeurs de la richesse spécifique et de l'abondance relative des Mollusques qui est égale au rapport de l'abondance brute sur le nombre d'espèce ainsi que celles de «l'indice biotique» relevées sur chaque station (fig. 1) ont été, comme pour les paramètres du milieu, réparties à l'intérieur de 5 classes.

Les données, rassemblées dans une matrice (cf. Mouthon, 1980), furent traitées au moyen d'une analyse factorielle des correspondances. Cependant, afin de permettre une étude plus fine des relations richesse spécifique- abondance relative-paramètres, nous avons utilisé une «matrice éclatée». Chaque facteur est alors représenté sur le graphique par 5 points représentant ses 5 classes d'abondance [1]).

LISTE DES PARAMÈTRES DE L'ENVIRONNEMENT ET LEURS ABBRÉVIATIONS UTILISÉES
(figs. 3 & 4, tableau II)

AB : abondance relative
Al : altitude
Cl : chlorures
CM : dureté calcique et magnésienne
CO : conductivité
DB : demande biochimique en oxygène, DBO_5
DI : richesse spécifique

[1]) Dans le cadre de cette étude aucune valeur ne figure dans la classe 1 du pH et les classes 5 de la dureté totale, de l'alcalinité, des phosphates et des nitrites.

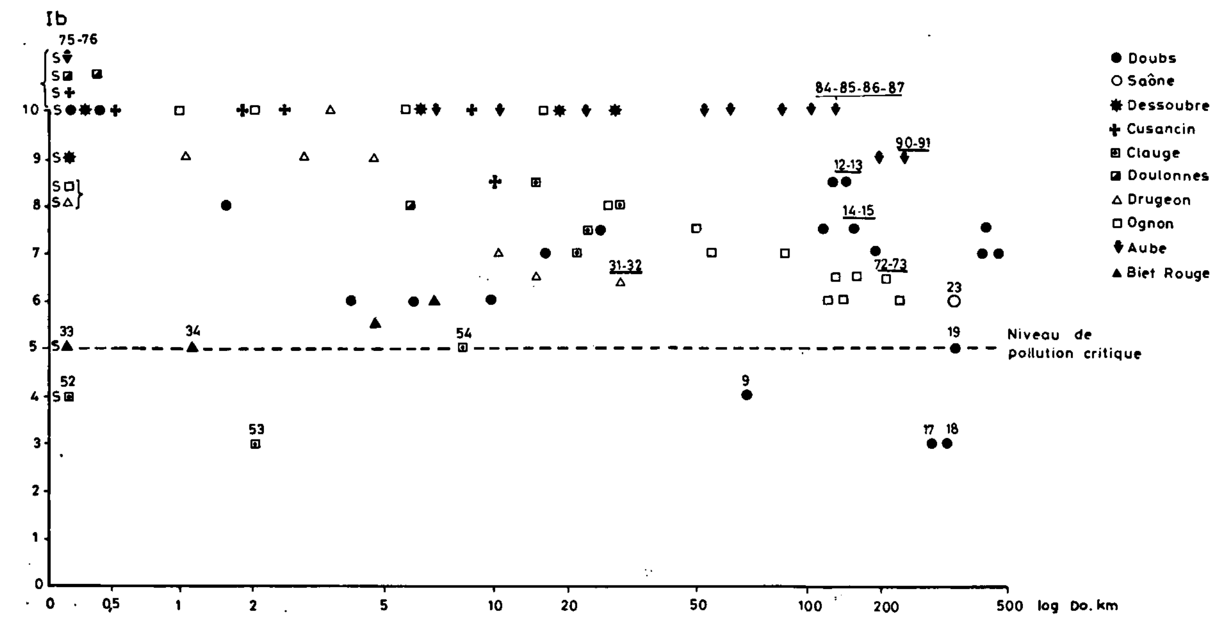


Fig. 1. Indice biotique des stations prospectées (S = source; les stations soulignées sont représentées par un même point).

Do : distance aux sources de la station
HCO : alcalinité
Ib : indice biotique
Na : nitrates
NH : ions ammonium
Ni : nitrites
O_2 : oxygène dissous
Ox : oxydabilité
Pe : pente
pH : potentiel hydrogène
PO : phosphates
Sm : section mouillée à l'étiage
SO : sulfates
TM : température moyenne du mois le plus chaud

3. RÉSULTATS

3.1. *Évolution du nombre d'espèces et de l'abondance relative en fonction de 18 paramètres du milieu*

La distribution des variables s'organise en fonction des axes F_1F_3 représentant 16,0% de l'inertie expliquée suivant une courbe en U typique qu'il est possible de matérialiser approximativement en joignant dans l'ordre de leur succession les différentes classes de la diversité. La richesse spécifique apparaît d'ailleurs plus structurale et «discriminatoire» que l'abondance dont les classes sont regroupées à proximité de l'origine des axes.

L'abondance relative des Mollusques évolue en sens inverse du nombre d'espèces et de l'abondance brute dont 51% est répartie sur les 3 derniers niveaux typologiques (fig. 2) et à chaque classe d'abondance correspond une classe de la richesse spécifique. Cependant, la classe 1 de l'abondance relative, qui représente à la fois des stations où sont recensées un très grand nombre d'espèces en faible abondance mais également les points de prélèvements pollués (sensu lato) où peu d'espèces sont présentes en faible quantité, a une représentation graphique proche de l'orgine des axes et des faibles nombre d'espèces DI1 et DI2. C'est aussi le cas, mais avec une intensité plus faible, pour les classes 2 et 3 de l'abondance relative (fig. 3).

Pour la majorité des paramètres, à l'échelle du réseau hydrographique considéré, on constate qu'il existe une corrélation s'effectuant fréquemment classe par classe entre leur évolution et celle du couple richesse spécifique/abondance relative. Le nombre et l'abondance brute des espèces le long d'un écosystème d'eau courante théorique augmente donc lorsque l'altitude et la pente diminuent mais également quand la distance aux sources, la section mouillée à l'étiage, la température moyenne du mois le plus chaud, le pH, la dureté totale, les concentrations en sulfates et en chlorures augmentent.

Les classes 1-2-3 de la DBO_5 ($0 < DBO_5 <$ 5 mg/l), 2-3 de la dureté totale ($40 < CM <$ 110 mg/l) et 3-4 de l'alcalinité ($100 < HCO <$ 400 mg/l) occupent sur le graphique une position centrale; elles ont par conséquent une faible contribution aux axes et les variations de concentrations de ces paramètres dans les limites mentionnées ci-dessus n'exercent apparemment pas d'influence notable sur la distribution générale des espèces de Mollusques suivant les axes F_1F_3 (fig. 3).

Parmi les éléments chimiques considérés, seule l'influence sur les Mollusques dulcicoles de l'acidité, de la dureté et de l'alcalinité des eaux ont été bien étudiées.

Aho (1966) et Ökland (1971) ont constaté un accroissement de la richesse spécifique des Pisidies avec l'augmentation du pH, le nombre d'espèces de Sphaeriidae étant, dans les milieux lacustres norvégiens, maximal pour des pH voisins de la neutralité (Ökland & Kuiper, 1980).

De nombreux auteurs ont montré qu'il existe une corrélation positive entre la teneur des eaux en calcium et la distribution des Mollusques dulcicoles, entre autres: Alsterberg (1930), Boycott (1936), Hubendick (1947; 1958), Macan (1950), Meier-Brook (1963), et Aho (1966).

D'après Williams (1970) et Dussart (1976) c'est dans les eaux à dureté moyenne (10 mg/l $< d <$ 40 mg/l) que la richesse spécifique est la plus forte. C'est également le cas pour les Sphaeriidae dont le nombre d'espèces est maximum pour des teneurs de 16 mg/l (Ökland & Kuiper, 1980), mais il semble que la densité soit optima dans des eaux plus dures (40 mg $< d <$ 100 mg/l) (Dussart, 1976).

Nous avons souvent constaté l'absence d'*Ancylus fluviatilis* (Müller, 1774) au niveau du Rhithron supérieur et moyen, des rivières aux eaux dures et agitées permettant un dépôt important de carbonates de calcium et provoquant l'encroûtement du substratum (cas du Dessoubre, du Cusan-

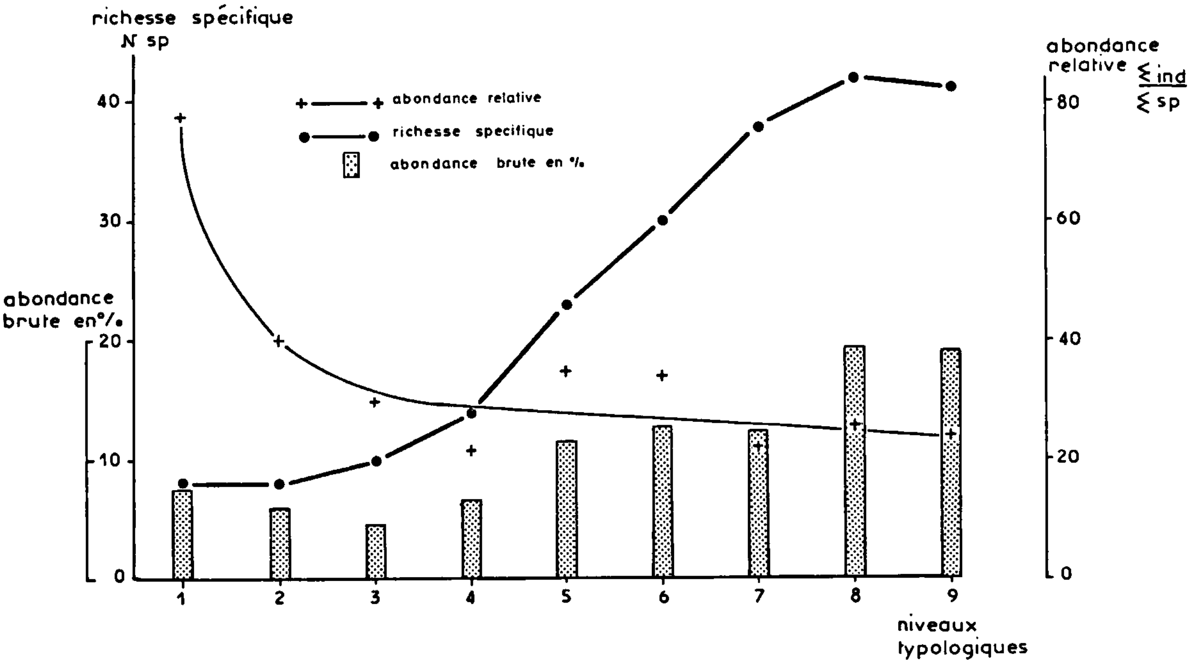


Fig. 2. Évolution longitudinale de la richesse spécifique et de l'abondance brute et relative des Mollusques dulcicoles.

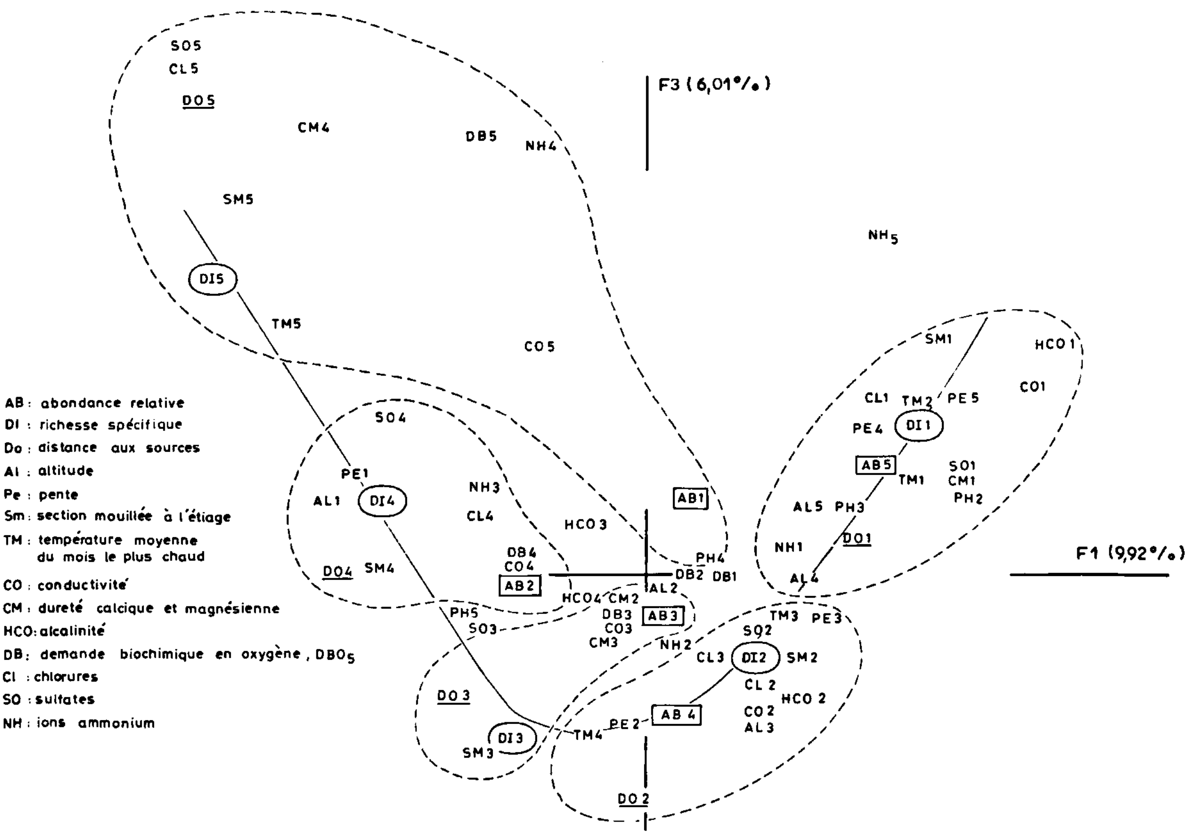


Fig. 3. Relation: abondance— richesse spécifique—paramètres morphodynamiques et physico-chimiques.

çin, de la Brême). En Angleterre, Jones (1973) a enregistré la disparition de cet Ancylide dès que la dureté dépasse 250 mg/l.

Ces paramètres physico-chimiques sont donc susceptibles d'influencer directement la répartition de certaines espèces comme *Margaritifera margaritifera* (Linné, 1758), étroitement inféodée aux eaux peu minéralisées. Mais d'une manière générale, les valeurs extrêmes étant peu fréquentes dans les milieux naturels, Harman & Berg (1971) ont montré que la plus grande partie des espèces de l'état de New York vivent dans les eaux dont le pH est compris entre 7,1 et 8,1 et l'alcalinité entre 20 et 180 ppm, on peut considérer que la distribution des Mollusques est corrélée avec le pH et la dureté des eaux (Boycott, 1936; Hubendick, 1947; Dussart, 1976).

L'étude de l'évolution des paramètres trophiques, dont la plupart sont associés au facteur pollution, montre que la corrélation définie précédemment cesse lorsque la courbe, obtenue en joignant, dans l'ordre de leur succession, les 5 classes regroupant les valeurs de chacun d'eux, ne suit plus la distribution typique.

Cette modification de la corrélation permet de déterminer graphiquement à partir de quelle concentration un paramètre devient facteur limitant.

Ainsi les fortes teneurs en azote ammoniacal, en phosphates, de l'oxydabilité (classe 4 et 5), de la conductivité, des nitrites (classe 5) et les faibles concentrations des eaux en oxygène dissous (classe 5) peuvent être considérées comme limitantes et inhibitrices pour l'ensemble des espèces de Mollusques dulcicoles (fig. 4, tableau I).

Les fortes valeurs de la température moyenne du mois le plus chaud, de la dureté totale, des chlorures et des sulfates sont fortement corrélées aux diversités optima. En outre, les classes ultimes d'autres paramètres, associées au facteur pollution, conductivité, DBO_5, oxydabilité, ions ammonium (classe 4), situées graphiquement à proximité des plus faibles indices biotiques relevés (Ib $\leqslant 5$) donc des stations les plus polluées, demeurent toutefois associées aux fortes diversités exprimant ainsi le caractère d'eurythermie, d'euryécie et de saprobiontie générale des Mollusques.

TABLEAU I

Concentrations des paramètres physico-chimiques à partir desquelles la diversité des Mollusques est affectée.

Paramètres physico-chimiques	Classes (à partir desquelles la corrélation est modifiée)	Valeurs correspondantes (mg/l)
Conductivité	5	> 450 µS
Oxydabilité	4-5	> 3
NH_4^+	4-5	$> 0,3$
NO_2^-	4-5	$> 0,3$
PO_4^{---}	(3) 4-5	$>$ (0,1)-0,5
O_2 dissous	5	$\leqslant 5$
DBO_5	5	> 8

L'importance des 18 paramètres considérés sur la distribution générale des espèces peut être appréhendée en examinant, pour chacun d'eux, leur contribution aux axes F_1, F_2 et F_3 représentant 22,15% de l'inertie expliquée (tableau II). Toutefois, il est peu probable que ces facteurs agissent isolément, certains d'entre eux étant fortement corrélés ou même redondants. De ce fait, leur contribution à l'évolution de la structure n'est envisagée que d'une façon très globale.

On note la prépondérance de la section mouillée à l'étiage fortement corrélée à la distance aux sources, de la minéralisation des eaux représentée par quatre paramètres: l'alcalinité, la dureté totale, la conductivité et le pH qui totalisent près de la moitié de la contribution à l'axe F_2 masquant ainsi l'influence des autres paramètres sur cet axe [2]), et de la température moyenne du mois le plus chaud. La pente et l'altitude exercent à l'échelle du réseau considéré, une influence secondaire sur la distribution des espèces (altitude maximale relevée: 946 m — 52 stations ont une pente moyenne inférieure à $3^0/_{00}$). Parmi les autres éléments chimiques, ce sont les chlorures et les sulfates qui modifient le plus l'évolution des Mollusques. Parmi les paramètres directement associés au facteur pollution, l'ammoniac et les nitrites sont les plus inhibiteurs, en revanche, l'oxydabilité, les nitrates, la teneur des eaux en oxygène dissous, les phosphates, la DBO_5, ainsi que les valeurs de l'indice biotique ont une faible contribution aux axes exprimant ainsi la faible polluosensibilité et la saprobiontie générale des espèces de Mollusques dulcicoles.

[2]) C'est pourquoi nous avons travaillé essentiellement avec la combinaison d'axe F_1F_3 dont l'inertie expliquée est très voisine de celle des axes F_1, F_2.

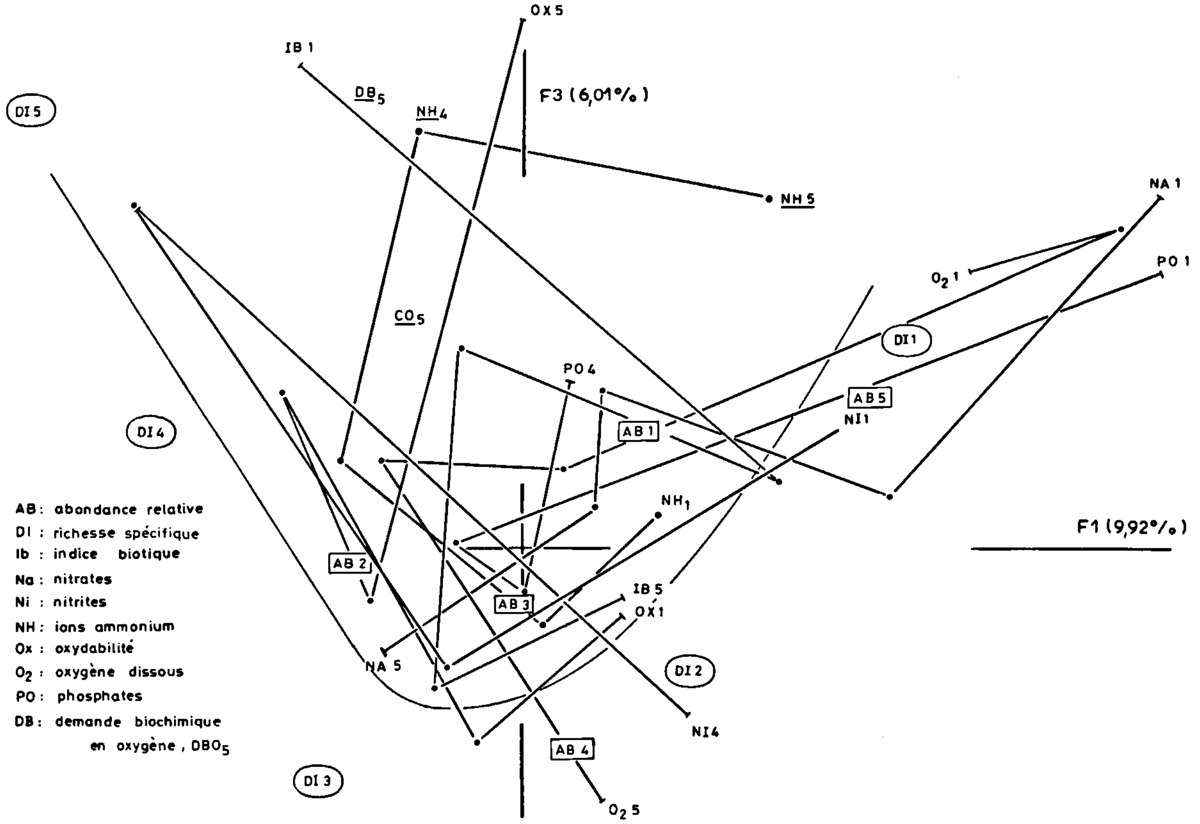


Fig. 4. Relation: abondance— richesse spécifique—paramètres de nature trophique et «indice biotique».

TABLEAU II

Contribution aux axes *F*1, *F*2, *F*3 (en ⁰/oo) des 18 paramètres du milieu étudiés.

Paramètres	Sm	Do	HCO	TM	CM	DI	CO	pH	Cl	Pe	Al	SO	NH	Ni	Ox	Na	O2	Ib	PO	AB	DB
*F*1	94	121	35	87	45	92	38	58	52	78	58	76	18	47	11	24	21	10	19	18	5
*F*2	41	12	148	31	110	16	110	92	30	26	68	14	73	22	20	56	36	47	21	7	16
*F*3	120	93	25	87	49	77	36	9	75	47	21	57	44	45	76	24	43	36	16	19	16
*F*1 *F*2 *F*3	255	236	208	205	204	185	184	159	157	151	151	147	135	114	107	104	100	93	56	44	37

3.2. *Les Mollusques et la pollution: introduction à l'établissement d'une gamme de polluosensibilité*

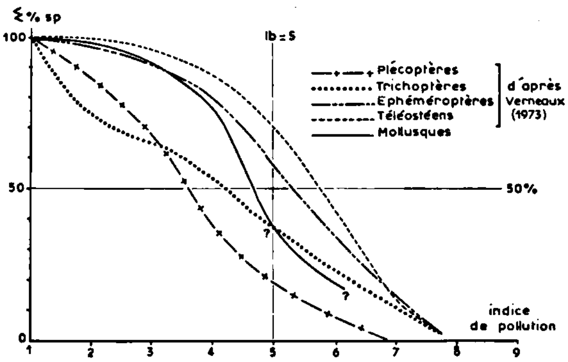
L'utilisation des indices biotiques (Ib), méthode globale d'appréciation de la qualité des eaux (Tufféry & Verneaux, 1967) a permis de classer les stations, et par conséquent leur peuplement, en fonction de l'indice de pollution Ip (Ip = 10 — Ib). A chaque valeur correspond une diversité maximale d'espèces inversement proportionnelle à l'intensité de la pollution, étant bien entendu qu'une espèce présente à un certain degré de pollution est a fortiori susceptible de l'être au niveau inférieur. On peut ainsi, à l'aide d'une courbe, visualiser la polluosensibilité générale des Mollusques et la confronter à celle des Plécoptères, Trichoptères, Ephéméroptères, Poissons, précédemment définie (Verneaux, 1973).

Plus polluorésistant au niveau des premiers indices (Ip = 1-2-3) les Mollusques sont plus polluosensibles que les Ephéméroptères lorsque l'intensité de la pollution augmente (fig. 5a). Toutefois l'échantillonnage ayant été préférentiellement

axé sur les stations les moins perturbées et compte-tenu du faible nombre de stations polluées (cf. fig. 1) prises en considération, la partie inférieure de la courbe est susceptible de modifications et n'est donnée ici qu'à titre indicatif.

A l'intérieur de l'embranchement on constate (fig. 5b) que ce sont les Sphaeriidae et les Prosobranches qui apparaissent les moins polluorésistants, cependant la polluosensibilité de ces derniers est toute relative puisque essentiellement due aux Hydrobiidae crénophiles tels que *Bythinella* sp., *Hauffenia* sp., *Bythiospeum* sp.

Dreissena polymorpha (Pallas, 1771), bivalve euryhalin, apparaît comme une des espèces de Mollusques les plus résistantes à la pollution, puis viennent les Pulmonés basommatophores. Il est également intéressant de noter l'évolution parallèle de la polluosensibilité des deux grandes familles de Bivalves plus ou moins endobenthiques, Unionidae et Sphaeriidae, qui tolèrent bien les effets de la pollution jusqu'au niveau 4 (Ip) mais dont la diversité décroit brusquement pour les indices 5 et 6. Ce type de comportement est à rapprocher de l'évolution des conditions d'oxygénation au niveau du sédiment et de la valeur du rH (potentiel d'oxydo-réduction) dans les strates supérieures, le potentiel d'oxydo-réduction semble en effet jouer un rôle fondamental dans la distribution des bivalves, et particulièrement des Pisidies.



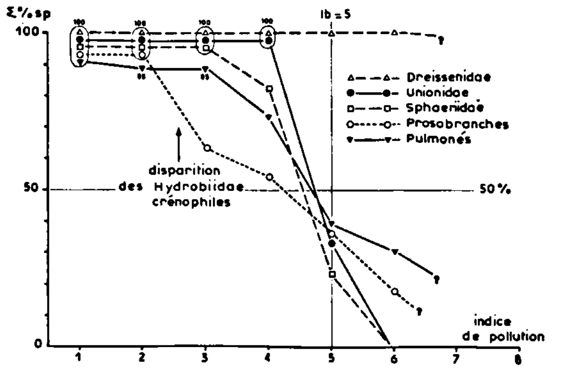


Fig. 5a (en haut). Polluosensibilité des faunes.
Fig. 5b (en bas). Polluosensibilité à l'intérieur de l'embranchement des Mollusques.

Néanmoins, et compte-tenu des réserves formulées précédemment, il est possible, en première approximation, d'établir une gamme indicatrice de la polluosensibilité globale des espèces (tableau III).

Comme pour les Invertébrés benthiques et les Poissons, ces résultats mettent en évidence: «la diminution générale de la polluosensibilité suivant l'ordre de la succession typologique des espèces et l'existence de polluosensibilités différentes à l'intérieur d'un même groupement socio-écologique dont les espèces peuvent résister à 3 ou 4 degrés différents de pollution» (Verneaux, 1973).

Bien que très globale, cette gamme de polluosensibilité confirme les données bibliographiques particulièrement en ce qui concerne les espèces les plus polluorésistantes: Hynes (1963), Macan (1963), Carr & Hiltunen (1965), Harman (1968a, b; 1974) et Kuiper & Wolff (1970).

L'embranchement des Mollusques apparaît donc composé d'une majorité d'espèces à tendance saprobionte, euryèce et eurytherme, susceptibles d'être d'autant plus polluorésistantes qu'elles sont électives de niveaux typologiques inférieurs.

Des études plus fines, prenant en compte un grand nombre de stations affectées par des pollutions de différentes natures (métaux lourds, herbicides, pesticides, radionucléïdes...) et de différentes intensités s'avèrent nécessaires afin de compléter et affiner cette gamme.

Il convient toutefois de préciser que les Mollusques, liés aux microhabitats de bordure et au facies sédimentaire, sont surtout particulièrement affectés par la tendance de la politique actuelle d'aménagement des cours d'eau, visant à canaliser la plupart des systèmes potamiques déjà fort endommagés par un flux de pollution sans cesse croissant.

TABLEAU III

Ébauche d'une gamme de polluosensibilité des Mollusques dulcicoles.

Indices de pollution	Niveau typologique associé	Polluosensibilités particulières
Ip = 3	1-2-3	*Bythiospeum diaphanum* (Michaud, 1831) *Hauffenia minuta* Draparnaud, 1805 *Bythinella viridis* (Poiret, 1801) *Bythinella carinulata* (Drouet, 1867) *Bythinella dunkeri* (Von Frauenfeld, 1856)
Ip = 4	5-6-7	*Physa fontinalis* (Linnaeus, 1758) *Bathyomphalus contortus* (Linnaeus, 1758) *Anisus vortex* (Linnaeus, 1758) *Planorbis carinatus* (Müller, 1774) *Valvata cristata* Müller, 1774 *Pisidium pulchellum* Jenyns, 1832 *Pisidium amnicum* (Müller, 1774) *Pisidium tenuilineatum* Stelfox, 1918
Ip = 5	(1) • (4) • 5-6-7-8-9	*Radix peregra** (Müller, 1774) *Armiger crista* (Linnaeus, 1758) *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758) *Segmentina nitida* (Müller, 1774) *Hippeutis complanata* (Linnaeus, 1758) *Valvata piscinalis* (Müller, 1774) *Unio crassus* Philipsson, 1788 *Unio tumidus* Philipsson, 1788 *Potomida littoralis* (Cuvier, 1797) *Pseudanodonta complanata* Rossmässler, 1835 *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758) *Sphaerium solidum* (Normand, 1844) *Sphaerium lacustre* (Müller, 1774) *Pisidium personatum** Malm, 1855 *Pisidium henslowanum* (Sheppard, 1823) *Pisidium nitidum* Jenyns, 1932 *Pisidium hibernicum* Westerlund, 1894 *Pisidium moitessierianum* Paladilhe, 1866 *Pisidium milium* Held, 1836 *Pisidium supinum* Schmidt, 1851
Ip = 6	6-7-8-9	*Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758) *Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758) *Bithynia leachi* (Sheppard, 1823) *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) *Sphaerium rivicola* (Lamarck, 1818) *Pisidium subtruncatum* Malm, 1855 *Pisidium casertanum* (Poli, 1791) *Pisidium obtusale* Lamarck, 1818
Ip > 6	(2)? • (3-4) • 7-8-9	*Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) *Ferrissia wautieri* (Mirolli, 1960) *Acroloxus lacustris* (Linnaeus, 1758) *Ancylus fluviatilis** (Müller, 1774) *Physa acuta* (Draparnaud, 1805) *Gyraulus albus* (Müller, 1774) *Galba truncatula** (Müller, 1774) *Galba palustris* (Müller, 1774) *Radix auricularia* (Linnaeus, 1758)

• Preferendum typologique auquel appartiennent les espèces avec une *.

REMERCIEMENTS

Je remercie Monsieur J. G. J. Kuiper qui a bien voulu vérifier toutes mes déterminations de Pisidies et Messieurs les Professeurs M. Lamotte et J. Verneaux pour les conseils qu'il m'ont prodigué lors de l'élaboration de ce travail.

AUTEURS CITÉS

AHO, J., 1966. Ecological basis of the distribution of the littoral freshwater molluscs in the vicinity of Tampere, South Finland. Ann. Zool. Fenn., **3** (4): 287-322.

ALSTERBERG, G., 1930. Wichtige Züge in der Biologie der Süsswassergastropoden: 1-130 (A.-B. Gleerupska Univ.-Bokhandeln, Lund).

BOYCOTT, A. E., 1936. The habitats of the fresh-water Mollusca in Britain. J. anim. Ecol., **5**: 116-186.

CARR, J. F. & J. K. HILTUNEN, 1965. Changes in the bottom fauna of western Lake Erie from 1930-1961. Limnol. Oceanogr., **10**: 551-569.

DUSSART, G. B. J., 1976. The ecology of freshwater molluscs in N.W. England in relation to water chemistry. J. moll. Stud., **45**: 19-34.

——, 1979a. Life cycles and distribution of the aquatic gastropod molluscs Bithynia tentaculata (L.), Gyraulus albus (Müller), Planorbis planorbis (L.) and Lymnaea peregra (Müller) in relation to water chemistry. Hydrobiologia, **67** (3): 223-239.

——, 1979b. Sphaerium corneum (L.) and Pisidum spp. Pfeiffer. The ecology of freshwater bivalve molluscs in relation to water chemistry. J. moll. Stud., **45**: 19-34.

GERMAIN, L., 1931. Mollusques terrestres et fluviatiles. Faune Fr., **21-22**: 1-897, i-xiv, pls. I-XXVI.

GREEN, R. H., 1971. A multivariate statistical approach to the Hutchinsonian niche: bivalve molluscs of Central Canada. Ecology, **52** (4): 543-556.

HARMAN, W. N., 1968a. Replacement of pleurocerids by Bithynia in polluted waters of central New York. Nautilus, **81**: 77-83.

——, 1968b. Interspecific competition between Bithynia and Pleuroceridae. Nautilus, **82**: 72-73.

——, 1974. Snails (Mollusca: Gastropoda). In: C. W. HART Jr. & S. L. H. FULLER (eds.), Pollution ecology of freshwater invertebrates: 275-312 (Academic Press, London).

HARMAN, W. N. & C. O. BERG, 1971. The freshwater Gastropoda of central New York with illustrated keys to the genera and species. Search; Cornell Univ. agr. Sta. Entomol., Ithaca, **1** (4): 1-68.

HUBENDICK, B., 1947. Die Verbreitungsverhältnisse der limnischen Gastropoden in Südschweden. Zool. Bidr. Upps., **24**: 419-559.

——, 1958. Factors conditioning the habitat of freshwater snails. Bull. Wld. Hlth. Org., **18**: 1072-1080.

HYNES, H. B. N., 1963. The biology of polluted waters: 1-202 (University Press, Liverpool).

JONES, F. H., 1973. Quantitative changes in the benthic macroinvertebrate communities of the river Taf and the relationship between plant detritus and invertebrate numbers (M. Sc. Thesis, University of Aston, Birmingham).

KUIPER, J. G. J. & W. J. WOLFF, 1970. The Mollusca of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relation to the hydrography of the area. III, the genus Pisidium. Basteria, **34**: 1-42.

MACAN, T. T., 1950. Ecology of freshwater Mollusca in the English Lake District. J. anim. Ecol., **19**: 124-146.

——, 1963. Freshwater ecology: 1-338 (Longmans, Green & Co., London).

MEIER-BROOK, C., 1963. Über die Mollusken der Hochschwarzwald- und Hochvogesengewässer. Arch. Hydrobiol., Suppl. **28** (5): 1-46.

MENTZEN, R., 1926. Bemerkungen zur Biologie und Ökologie der Mitteleuropäischen Unionidae. Arch. Hydrobiol., **17**: 380-394.

MOUTHON, J., 1979. Structure malacologique de la rivière Aube. Annls. Limnologie, **15** (3): 299-315.

——, 1980. Contribution à l'écologie des Mollusques des eaux courantes — esquisse biotypologique et données écologiques: 1-169 (thèse 3ème cycle, Univ. Paris VI).

NISBET, M. & J. VERNEAUX, 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. Annls. Limnologie, **6** (2): 161-190.

ÖKLAND, J., 1969. Distribution and ecology of the freshwater snails (Gastropoda) of Norway. Malacologia, **9** (1): 143-151.

——, 1971. On the ecology of Sphaeriidae in a High Mountain Area in South Norway. Norw. J. Zool., **19**: 133-143.

ÖKLAND, K. A. & J. G. J. KUIPER, 1980. Smamuslinger (Sphaeriidae) i ferskvann i Norge — utbredelse, okologi og relasjon til forsuring: 1-85 (SNSF project IR 61/80, Oslo-As.Norway).

SHADIN, V. J., 1931-1935. Über die ökologische und geographische Verbreitung der Süsswassermollusken in der U.d.S.S.R. Zoogeographica, **2**: 295-554.

TUFFERY, G. & J. VERNEAUX, 1967. Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifée des inventaires de la faune de fond: 1-23 (Trav. div. Qual. Eaux P. Pisc. C.T.G.R.E.F. Paris).

VERNEAUX, J., 1973. Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura) — recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs — essai de biotypologie: 1-257 (thèse Doct. ès. Sci. Nat. Fac. Sci. Univ. Besançon).

VERNEAUX, J. & G. TUFFERY, 1967. Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices biotiques. Annls. scient. Univ. Besançon, (Zool.) **3**: 79-90.

WILLIAMS, N. V., 1970. Studies on aquatic pulmonate snails in Central Africa. I. Field distribution in relation to water chemistry. Malacologia, **10** (1): 153-164.

Reçu le 20 mars 1981